

TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo University of Marine Science and Technology (東京海洋大学)

構造観察による米評価技術の開発

著者	富田 晴雄
学位名	博士（海洋科学）
学位授与機関	東京海洋大学
学位授与年度	2018
学位授与番号	12614博甲第509号
権利	全文公表年月日：2019-06-24
URL	http://id.nii.ac.jp/1342/00001729/

博士学位論文内容要旨
Abstract

専攻 Major	応用生命科学	氏名 Name	富田 晴雄
論文題目 Title	構造観察による米評価技術の開発		

家庭での炊飯から、食品産業における中食・外食の米飯調理、米加工品を含めて、米を取り巻く環境が大きく変わってきている。その中にあって、炊飯米やそれを貯蔵した際に問題となる老化現象、また様々な米の調理・加工において重要な要因となる米粒の浸漬・吸水プロセスについて、従来よりも簡便かつ高度な評価技術が求められている。このような背景のもと、本研究では、炊飯における澱粉の構造変化、具体的には吸水による膨張、加熱による糊化、保存中の老化による結晶構造変化を様々な構造評価手法を用いて可視化・定量化する技術の開発を行った。第一章ではこういった社会的背景および学術的背景ならびに本研究の狙いについて述べた。

第二章では、炊飯後の米飯の品質を安定化させる上で重要となる浸漬工程について、簡易な手法による浸漬米の吸水状態の可視化・定量評価を目指し、デジタルマイクロスコプの偏光システムを利用して、リアルタイムに取得した偏光画像の画像処理による吸水状態評価法の開発およびその検証について述べた。本技術を用いて、10℃～55℃の浸漬水温が異なる浸漬米の吸水状態を評価した結果、浸漬温度によって吸水経路や水分分布が異なることが示された。10℃や25℃といった低温浸漬では、浸漬中に生じるクラックにより急激に吸水が進行し、40℃や55℃といった高温浸漬では、胚芽除去後や周囲からの吸水が支配的であることが確認できた。これとは別に、核磁気共鳴画像法 (Magnetic Resonance Imaging; MRI) を用いて、低温および高温の条件で、吸水過程における米一粒の2次元¹H画像をリアルタイムに取得し、吸水経路の検証を行ったところ、同様の結果が得られた。

上記吸水状態評価で得られた偏光画像を解析し、米粒の平均輝度と投影面積増加率の二つの指標で吸水状態の定量評価を行なった。両指標ともに高温ほど変化速度が速く、変化量が少ないことが定量的に示された。また、米粒内にクラックが生じた際に投影面積が急激に増加するなど、定性評価で見られた変化も数値に反映されていることが確認できた。さらに、従来の赤外線水分率計を使用して測定した吸水量と非常に高い相関を示すことが分かった。これらの結果から、浸漬米の吸水経路、米粒内の水分分布、吸水量を評価する上で、偏光画像を利用した方法が有効であることが示された。

第三章では、炊飯技術の進化とともに炊飯米の食感(テクスチャー)のわずかな違いを評価することが求められてきている中で、食感の違いを微細構造観察により定量的に評価する手法の提案とその検証を行なった。はじめに、異なる食感の米飯を作成するために、炊飯前の浸漬を10℃で0分(浸漬なし)、20分、60分、120分の4条件で行い、それぞれ吸水なし、吸水途中、吸水平衡状態、吸水過多の4種類の吸水状態の浸漬米を得た。その後、同一条件で炊飯した米飯について、走査型電子顕微鏡(SEM)による微細構造観察とクリープメーターによる破断強度試験およびクリープ試験で得られた米飯のテクスチャーとの関係性を調べた。その結果、これらの米飯では20分浸漬以降は有意差なく炊きあがっており、米飯の水分率や糊化度についても、4種類の米飯の間に有意差はなかった。一方で、米飯のテクスチャーは、浸漬条件によって大きく異なったことから、浸漬条件の違いがテクスチャーの違いとして表れていることが示唆された。

そこで、米飯の表層や内部の微細構造を観察した結果、浸漬条件によって炊飯後の微細構造が大きく変わることが分かり、米飯表層部の緻密な層の厚みと破断エネルギー、米飯内部の多孔質構造の孔の平均面積と弾性率との間に関係性があることを見出した。浸漬時間が長くなるとともに米粒内部に

水が浸透し、より糊化が進むことで多孔質構造の孔面積が大きくなり、破断エネルギーや弾性率が減少していく一方で、浸漬過多になると腹割れなどにより澱粉が流出し、米飯表層部に緻密な層が形成されることで、破断エネルギーが増加することが分かった。これらの結果から、浸漬時間を適切に制御することが食感を制御するうえで重要であること、今後、より高度化する炊飯において、食感のわずかな違いを理解し、評価するうえで米飯の微細構造評価が有効であることが示された。

第四章では、コンビニおにぎりやチルド米飯の普及に向けて重要となる、炊飯後の澱粉の老化について、X線回折の従来とは異なるピーク ($2\theta = 5.5^\circ$)を用いた評価法の提案と検証を行なった。アミロースおよびアミロペクチン含量の異なる品種の米を炊飯し、5℃で数日間保管した際の老化度合いを本技術および熱分析法 (Differential Scanning Calorimetry; DSC) で評価した。その結果、上述のピークが老化を表わすものであること、DSCによる結果とも非常に高い相関が得られたこと、生米のピークと重ならないためピーク面積を正確に求めることができることを確認した。また、上述のピークは従来よりも広い結晶構造 (1.5 nm)を観察していることから、米飯の初期の老化、特にアミロース由来の老化を評価できる可能性が示された。また、本技術は米以外にもパンや麺などにも活用可能であるため、今後新たな老化防止剤の開発や老化しにくい製造方法の研究などへの貢献が期待される。

以上述べたとおり、米の浸漬過程における吸水状態、糊化状態を反映した炊飯米の食感、さらに炊飯後の貯蔵における米飯の老化状態の新たな評価技術の開発を行なった。浸漬状態の評価技術は、米の吸水特性を簡易に把握できることで世の中に500種以上ある米の特性を引き出す炊飯の実現や弁当工場などでの炊飯品質の安定化、品種改良などへのフィードバックなど、農業・製造業・サービス業への活用が期待される。また、糊化状態や老化状態の評価技術は、今後ますます増加する中食や外食において、炊き立てのご飯の食味をさらに向上させるとともに、おいしさを長く維持するための炊飯・保存技術の開発や添加剤の開発に役立てていきたい。